



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 JAN. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

10 FEV 2003

LIEU

75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT

0301534

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

10 FEV. 2003

PAR L'INPI

**V s références pour ce dossier**

(facultatif)

PAIBLO/SZ-BFF020426

**C nfirmation d'un dépôt par télécopie**

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

**2 NATURE DE LA DEMANDE**

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité.

☐

Demande divisionnaire

☐

*Demande de brevet initiale*

N°

Date

*ou demande de certificat d'utilité initiale*

N°

Date

Transformation d'une demande de  
brevet européen *Demande de brevet initiale*

☐

N°

Date

**3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)**

PROCEDE DE TRAITEMENT D'UN SIGNAL PAR UN RECEPTEUR RADIO ET RECEPTEUR RADIO POUR LA MISE EN OEUVRE  
DU PROCEDE

**4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ**

**OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE  
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE  
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE**

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

**5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)**

☒ Personne morale

☐ Personne physique

Nom  
ou dénomination sociale

NORTEL NETWORKS LIMITED

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile  
ou  
siège

Rue

2351 Boulevard Alfred Nobel St.LAURENT, QUEBEC H4S 2A9 CANADA

Code postal et ville

Pays

CANADA

Nationalité

Canadienne

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☐ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

**10 FEV 2003**

LIEU

**75 INPI PARIS**

N° D'ENREGISTREMENT

**0301534**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 010801

**Vos références pour ce dossier :**  
(facultatif)

**PA/BLO/SZ-BFF020426**

**6 MANDATAIRE** (s'il y a lieu)

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

**Cabinet PLASSERAUD**

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

Adresse

Rue

**84, rue d'Amsterdam**

Code postal et ville

**75009 PARIS**

Pays

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

**7 INVENTEUR (S)**

**Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques**

Les demandeurs et les inventeurs  
sont les mêmes personnes

☐ Oui

☒ Non : **Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)**

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

**Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)**

Établissement immédiat  
ou établissement différé

☒

☐

Paiement échelonné de la redevance  
(en deux versements)

**Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt**

☐ Oui

☐ Non

**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**

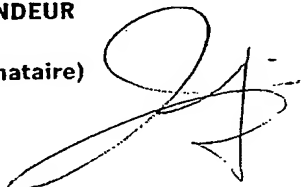
**Uniquement pour les personnes physiques**

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)

☐ Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la  
décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG

Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite»,  
indiquez le nombre de pages jointes

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**  
(Nom et qualité du signataire)  
**Bertrand LOISEL**  
**940311**



**VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI**

**PROCEDE DE TRAITEMENT D'UN SIGNAL PAR UN RECEPTEUR RADIO**  
**ET RECEPTEUR RADIO POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROCEDE**

La présente invention concerne le traitement du signal dans les récepteurs de radiocommunication numérique à étalement de spectre.

5           L'invention trouve application dans le domaine des radiocommunications à accès multiple à répartition par codes (CDMA, "Code-Division Multiple Access") tels que l'UMTS ("Universal Mobile Telecommunication System").

10           Dans un système CDMA, les symboles transmis, binaires ( $\pm 1$ ) ou quaternaires ( $\pm 1 \pm j$ ), sont multipliés par des codes d'étalement composés d'échantillons, appelés "chips", dont la cadence (3,84 Mchip/s dans le cas de l'UMTS) est supérieure à celle des symboles transmis. Des codes d'étalement orthogonaux ou quasi-orthogonaux sont alloués à différents canaux logiques partageant la même fréquence porteuse, afin de permettre à chaque récepteur  
15           de détecter la séquence de symboles qui lui est destinée, en multipliant le signal reçu par le code d'étalement correspondant.

Un avantage du système CDMA est qu'il permet d'exploiter des trajets multiples de propagation radio, en utilisant ce qu'on appelle un récepteur en râteau ("rake receiver").

20           Le récepteur en râteau effectue une démodulation cohérente fondée sur une approximation de la réponse impulsionnelle du canal de propagation radio par une série de pics, chaque pic apparaissant avec un retard correspondant au temps de propagation le long d'un trajet particulier et ayant une amplitude complexe correspondant à l'atténuation et au déphasage du  
25           signal le long de ce trajet (réalisation instantanée du fading). En analysant plusieurs trajets de réception, c'est-à-dire en échantillonnant plusieurs fois la sortie d'un filtre adapté au code d'étalement du canal, avec des retards correspondant respectivement à ces trajets, le récepteur en râteau obtient des estimations multiples des symboles transmis, qui sont combinées pour obtenir  
30           un gain en diversité. La combinaison peut notamment être effectuée selon la méthode dite MRC ("Maximum Ratio Combining"), qui pondère les différentes estimations en fonction des amplitudes complexes observées pour les



différents trajets.

Afin de permettre cette démodulation cohérente, un canal pilote peut être prévu pour l'estimation de la réponse impulsionnelle sous forme d'une succession de pics. La réponse impulsionnelle est estimée au moyen d'un filtre  
 5 adapté à un code d'étalement pilote avec lequel l'émetteur module une séquence de symboles connus, par exemple des symboles à 1. Les positions des maxima de la sortie de ce filtre adapté donnent les retards utilisés dans les doigts du récepteur en râteau, et les amplitudes complexes associées correspondent aux valeurs de ces maxima.

10 Le récepteur en râteau comprend un ensemble de doigts permettant de traiter une même séquence de symboles d'information reçue suivant des trajets de propagation différents depuis l'émetteur. Ces trajets sont le plus souvent définis comme des retards par rapport à une référence de temps.

Dans une représentation du signal CDMA reçu, exploitée dans un  
 15 récepteur en râteau classique, ce signal  $y(t)$  s'écrit:

$$y(t) = \sum_k \sum_i A_i(t) \cdot b^k(t - \tau_i) \cdot c^k(t - \tau_i) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

où  $k$  est un index des canaux CDMA superposés sur la porteuse considérée,  $i$  est un index des trajets de propagation existant entre le ou les émetteurs et le récepteur,  $b^k(t)$  est la suite de symboles mise en forme par l'émetteur sur le  
 20 canal  $k$ ,  $c^k(t)$  est le code d'étalement du canal  $k$ ,  $\tau_i$  est le retard de propagation estimé pour le trajet  $i$ ,  $A_i(t)$  est l'amplitude complexe de réception le long du trajet  $i$  à l'instant  $t$ , et  $\varepsilon(t)$  est un bruit additif.

Le récepteur sélectionne les trajets  $i$  les plus énergétiques, c'est-à-dire ceux pour lesquels les  $A_i(t)$  ont en moyenne le plus grand module. Il retient un  
 25 nombre prédéterminé de trajets ou l'ensemble des trajets dont l'énergie dépasse un seuil prédéterminé. Le récepteur en râteau classique fournit à chacun de ses doigts, affecté à la réception du canal  $k$  suivant un trajet  $i$ , les paramètres  $\tau_i$  et  $A_i(t)$  pour que ce doigt effectue:

- une opération de désétalement du signal, équivalente à l'échantillonnage  
 30 du filtre adapté au code d'étalement  $c^k(t)$  pour un retard  $\tau_i$ , c'est-à-dire:

$$Z_i(n) = \sum_t y(t) \cdot c^{k*}(t - \tau_i) \quad (2)$$

où la somme sur  $t$  porte sur les chips correspondant à la réception du  $n$ -ième symbole de la séquence transmise sur le canal  $k$ . Du fait des propriétés d'orthogonalité des codes  $c^k(t)$ , l'opération (2) fait ressortir la contribution du trajet  $i$  au signal, les autres contributions étant vues comme du bruit après désétalement,

- puis une pondération MRC du résultat par le conjugué de l'amplitude complexe  $A_i(t)$ , supposée constante ( $= A_i(n)$ ) sur la durée du  $n$ -ième symbole, ce qui produit une contribution du trajet  $i$  à l'estimation du  $n$ -ième symbole:

$$X_i(n) = Z_i(n) \cdot A_i^*(n) \quad (3)$$

Ces contributions sont finalement sommées en sortie du récepteur "rake" pour en déduire une estimation  $X(n)$  du  $n$ -ième symbole:

$$X(n) = \sum_i X_i(n) \quad (4)$$

Dans chaque doigt, l'opération de désétalement est celle qui requiert le plus grand nombre d'opérations élémentaires.

Augmenter le nombre de doigts affectés à un canal, c'est-à-dire le nombre de trajets de propagation pris en compte, améliore les performances de réception sur ce canal, grâce à la diversité multi-trajet. Mais cela augmente aussi la complexité des calculs à effectuer et donc l'usage de ressources matérielles ou logicielles dans le récepteur.

Le nombre de doigts d'un récepteur en râteau est généralement limité. A titre d'exemple, un récepteur de terminal mobile utilisant la technologie d'accès CDMA possède typiquement de 4 à 8 doigts par canal à traiter.

Une bonne gestion du "rake" cherche à affecter de préférence ces doigts en nombre limité aux canaux qui en ont le plus grand besoin. Cela permet:

- pour une quantité de calculs donnée, d'améliorer les performances en termes de rapport signal-sur-interféreurs; ou

- pour un objectif de performances donné, d'effectuer une quantité minimale de calculs et donc de mettre à disposition les ressources de calcul libérées à d'autres usages ou de réduire la consommation électrique du récepteur (intéressant pour économiser la batterie d'un terminal mobile).

5

Or une telle gestion n'est pas réalisée de façon satisfaisante dans les récepteurs "rake" traditionnels. La fixation d'un nombre prédéterminé de trajets ou de doigts conduit à des estimations médiocres quand le canal présente une plus grande diversité en trajets et à des calculs inutiles quand un trajet prédominant ou un petit nombre de trajets suffit à produire des estimations fiables. Lorsque les trajets sont pris en compte en fonction d'une comparaison de leur niveau énergétique à un seuil, la détermination du seuil adéquat est également problématique: une même valeur de seuil peut s'avérer à la fois trop basse en présence de nombreux trajets et trop haute lorsqu'un trajet puissant suffit à obtenir des estimations satisfaisantes.

15

Un but de la présente invention est de proposer un mécanisme qui réalise un bon compromis entre la fiabilité de l'estimation des informations portées par le signal reçu et le coût de calcul engendré par les opérations de traitement du signal dans le récepteur.

L'invention propose ainsi un procédé de traitement de signal pour un récepteur de radiocommunication numérique à étalement de spectre, comprenant les étapes suivantes:

20

- calcul d'une estimation d'au moins un symbole transmis par des moyens d'émission en appliquant à un signal radio reçu, un traitement prenant en compte au moins un trajet de propagation depuis les moyens d'émission;
- évaluation d'un paramètre de fiabilité de l'estimation calculée; et
- lorsque le paramètre de fiabilité évalué ne satisfait pas un critère de confiance, calcul d'une estimation affinée du symbole en prenant en compte au moins un trajet de propagation supplémentaire depuis les moyens d'émission dans le traitement appliqué au signal radio reçu.

25  
30

Les étapes d'évaluation du paramètre de fiabilité et de calcul d'une estimation affinée peuvent être répétées jusqu'à un nombre maximal choisi de



trajets, dans la limite du nombre de doigts du récepteur en râteau affectés à cette tâche, tant qu'une estimation suffisamment fiable en regard du niveau de confiance choisi n'a pas été obtenue.

5 Le critère de confiance peut consister en ce que le paramètre de fiabilité de l'estimation calculée dépasse un seuil. Ce seuil dépend avantageusement d'un niveau de service attribué à une communication dont relève le signal radio reçu. Il est typiquement proportionnel au niveau de bruit estimé sur un canal de propagation entre les moyens d'émission et le récepteur.

10 De préférence, l'estimation affinée du symbole est calculée en ajoutant à l'estimation précédemment calculée pour ce symbole une contribution estimée du trajet de propagation supplémentaire.

15 Le procédé est applicable lorsqu'un seul émetteur contribue au signal radio traité. Mais il est aussi utilisable dans des situations de macrodiversité d'émission. Les trajets de propagation pris en compte dans les calculs d'estimations incluent alors des trajets en provenance de plusieurs émetteurs appartenant auxdits moyens d'émission, qui émettent des composantes de signal radio porteuses de symboles d'information identiques, multiplexées avec des codes d'étalement différents. Les opérations de désétalement sont alors  
20 effectuées en utilisant des codes d'étalement différents.

On peut avantageusement commencer les étapes de ce procédé en effectuant un traitement du signal reçu pour certains trajets de propagation ayant une contribution importante, c'est-à-dire une amplitude de réception élevée, et poursuivre avec des trajets moins prépondérants.

25 Grâce à ce procédé, seul un nombre limité de doigts du récepteur en râteau peut être sollicité dans certains cas favorables pour effectuer une estimation de symboles pour des trajets de propagation respectifs, limitant ainsi le nombre d'opérations complexes, comme des désétalements de signal, coûteuses en capacité de calcul. Les ressources ainsi libérées peuvent servir à  
30 d'autres fins et permettent aussi, notamment dans le cas où le récepteur est celui d'un terminal mobile, de limiter la consommation de sa batterie.

Les trajets de propagation peuvent être obtenus classiquement par

l'analyse d'une réponse impulsionnelle du canal de propagation considéré. Cette dernière permet alors d'obtenir les retards et les amplitudes relatifs à chacun de ces trajets.

5 Le paramètre de fiabilité obtenu à partir des estimations effectuées par le récepteur peut être comparé à un seuil pour servir de base à une prise de décision sur la valeur de symboles transmis dans le signal considéré.

L'invention propose également un récepteur de radiocommunication numérique à étalement de spectre, comprenant des moyens de traitement de signal adaptés à la mise en œuvre d'un procédé tel que défini ci-dessus, ainsi  
10 qu'un programme d'ordinateur à installer dans un récepteur de radiocommunication et comprenant des instructions pour mettre en œuvre un tel procédé lors d'une exécution du programme par des moyens de traitement de signal du récepteur.

D'autres particularités et avantages de la présente invention  
15 apparaîtront dans la description ci-après d'exemples de réalisation non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

- la figure 1 est un schéma synoptique d'un récepteur selon l'invention;
- la figure 2 est un diagramme montrant un mode de décision utilisable dans une réalisation de l'invention avec une modulation QPSK; et
- 20 - la figure 3 est un organigramme d'un exemple de procédé selon l'invention.

La figure 1 schématise un récepteur radio 1 apte à mettre en œuvre la présente invention. Ce récepteur peut être celui d'une station de base ou d'un terminal mobile supportant une technologie CDMA de radiocommunication à  
25 étalement de spectre telle que la technologie UMTS.

Le récepteur 1 comprend des moyens de réception, notamment une ou plusieurs antennes 2 pour recevoir un signal transmis par un émetteur ou bien une pluralité d'émetteurs dans le cas où le récepteur est embarqué dans un terminal mobile en situation de macrodiversité ou "soft handover", c'est-à-dire  
30 d'écoute simultanée de canaux redondants provenant de stations de base différentes. On se place ci-après, dans le cas non restrictif d'un signal transmis par un unique émetteur.

Un étage radio 3 se trouve classiquement à l'entrée du récepteur 1, de manière à effectuer un premier traitement du signal reçu. Par exemple, ce traitement peut consister à amplifier le signal analogique reçu, à le convertir en signal numérique et éventuellement à le filtrer.

5            Dans le cas du système UMTS, une modulation par déplacement de phase (PSK, "Phase-Shift Keying") est utilisée. Le signal comprend deux composantes distinctes, une composante réelle et une composante imaginaire. Le traitement mis en œuvre par l'étage radio 3 reconstitue un signal numérique  $y(t)$ , par exemple à raison d'un échantillon complexe par chip.

10           Comme décrit plus haut, la réponse impulsionnelle du canal de propagation peut être estimée au moyen d'un filtre 11 adapté à un code d'étalement pilote  $c^p$  avec lequel l'émetteur module une séquence de symboles connus. Une analyse de la sortie de ce filtre adapté est effectuée par un module de sondage 4. Ce dernier fait de façon classique des calculs  
15           statistiques sur la sortie du filtre adapté 11 pour déterminer des retards  $\tau_i$  associés aux trajets ou échos les plus énergétiques, ainsi que les énergies de réception  $E_i$  moyennes associées à ces échos. Il estime également un niveau  $N_0$  du bruit sur le canal. Une évaluation régulière de ces paramètres est effectuée pour avoir une connaissance à jour du profil de propagation sur le  
20           canal considéré.

Les échos les plus énergétiques détectés par le module de sondage 4 correspondent à des trajets principaux dépendant de l'environnement. L'écho le plus énergétique correspondra par exemple à un trajet direct entre l'émetteur et le récepteur si ceux-ci sont en visibilité directe l'un de l'autre. Les autres échos  
25           principaux seront schématiquement ceux qui donnent lieu au plus petit nombre de réflexions et diffractions entre l'émetteur et le récepteur.

L'énergie  $E_i$  associée à un écho est l'espérance mathématique du module carré de l'amplitude instantanée  $A_i(t)$  de réception sur le trajet de propagation correspondant.

30           Le module 4 fournit alors à un module de contrôle 9 les retards  $\tau_i$  et éventuellement les énergies  $E_i$  sur les trajets de réception sélectionnés,

estimés d'après le canal pilote de code  $c^p$  et/ou d'après des symboles pilotes connus insérés dans le signal transmis.

Selon l'invention, le module de contrôle 9 ne fournit pas de manière systématique à chacun des doigts du récepteur en râteau 1 affectés à la  
5 réception d'un canal de communication  $k$ , des valeurs estimées de retards  $\tau_i$ .

Au contraire, le module de contrôle 9 fournit, dans un premier temps, à un premier doigt 14 du râteau une valeur de retard  $\tau_i$ . En variante, un nombre limité de valeurs de retards  $\tau_i$  sont fournis respectivement à un nombre limité de doigts du râteau, inférieur au nombre de doigts total du récepteur 1. Par la  
10 suite, on se place dans le cas non limitatif où un seul doigt 14 à la fois reçoit une valeur estimée de  $\tau_i$ .

Le doigt 14 ayant reçu une telle valeur effectue, selon (2), une opération de désétalement 5 du signal  $y(t)$ , équivalente à l'échantillonnage du filtre adapté au code d'étalement  $c^k(t)$  pour le retard  $\tau_i$ , qui lui a été  
15 communiqué par le module de contrôle 9.

Parallèlement à ce désétalement, le doigt 14 actif effectue une estimation 12 de l'amplitude complexe  $A_i(n)$  du signal sur la durée du  $n$ -ième symbole, c'est-à-dire pour le symbole  $n$  qu'on cherche à estimer. Le conjugué  $A_i^*(n)$  de cette amplitude complexe est calculé (référence 13 sur la figure 1).

20 Le module 6 du doigt 14 considéré procède alors à la pondération MRC du signal désétalé selon (3), en le multipliant par le complexe conjugué  $A_i^*(n)$ .

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, le module de contrôle 9 effectue, après réception des estimations fournies par le module  
25 de sondage 4, un classement des trajets principaux détectés en fonction de l'importance de leur contribution respective dans le signal reçu  $y(t)$ , par exemple selon un ordre décroissant de leur énergie  $E_i$ . Il transmet alors en priorité le retard  $\tau_i$  correspondant au trajet le plus énergétique ( $E_i$  le plus élevé) au premier doigt 14. Ce mode de fonctionnement permet d'obtenir, dans un

premier temps, une valeur estimée  $X_i(n)$  du n-ième symbole porté par le signal  $y(t)$ , basée sur la contribution du trajet  $i$  le plus significatif dans le profil de propagation entre l'émetteur et le récepteur 1.

5 En variante, le module de sondage 4 effectue lui-même un tel classement des trajets en fonction de l'énergie qu'il détecte pour chacun d'eux. Il communique alors au module de contrôle 9 les retards  $\tau_i$  respectifs, selon un ordre conforme à ce classement. Le module de contrôle 9 se contente alors, dans un premier temps, de transmettre au premier doigt 14 la valeur de  $\tau_i$  qu'il a reçue en premier du module de sondage 4, c'est-à-dire le retard  
10 correspondant au trajet le plus énergétique détecté par le module 4.

On considère par la suite que le classement des trajets détectés par le module de sondage 4 est effectué dans l'ordre décroissant de l'importance de leur contribution respective.

15 Les opérations décrites plus haut ont permis d'obtenir une première estimation  $X_i(n)$  du symbole  $n$ . Le module de cumul 7, disposé en sortie des doigts 14 du "rake", effectue la somme (4) pour produire une estimation cumulée du symbole transmis. Il est initialisé à zéro avant la première itération, de sorte que  $X(n) = X_i(n)$  à l'issue des opérations précédentes pour le premier trajet  $i$ , où  $X(n)$  est la valeur de sortie du module de cumul 7.

20 En outre, le module d'estimation 15, en sortie du module de cumul 7, permet d'obtenir une estimation souple  $W(n)$  de chaque symbole  $n$  transmis, en fonction de la modulation utilisée et sur la base de la valeur  $X(n)$  obtenue.

Lorsque les symboles transmis sont binaires, avec une modulation de type BPSK ("Binary Phase Shift Keying"), comme c'est le cas pour les liaisons  
25 montantes dans le système UMTS,  $W(n)$  est la partie réelle de la somme  $X(n)$  fournie par le module de cumul 7. Son signe constitue l'estimation dure du bit  $n$  et sa valeur absolue, rapportée à la puissance estimée du bruit  $N_0$ , mesure en première approximation la vraisemblance de cette estimation dure, c'est-à-dire un paramètre de fiabilité de l'estimation cumulée  $X(n)$  obtenue.

Lorsque les symboles transmis sont quaternaires, avec une modulation de type QPSK ("Quaternary Phase Shift Keying"), comme c'est le cas pour les liaisons descendantes dans le système UMTS, l'information transmise dans le signal  $y(t)$  est codée sur des symboles comportant deux bits chacun. La valeur  $X(n)$  obtenue à l'issue du désétalement effectué par le premier doigt du "rake" et de l'opération de pondération 6 est une valeur complexe. L'estimation souple  $W(n)$  est égale à  $X(n)$  dans ce cas. Elle peut être comparée à la constellation de la modulation QPSK. La combinaison des signes des parties réelle et imaginaire de  $W(n)$  constitue l'estimation dure du bit  $n$  et une combinaison de leurs valeurs absolues, rapportées à la puissance estimée du bruit  $N_0$ , mesure en première approximation la vraisemblance de cette estimation dure. Un paramètre de fiabilité de l'estimation souple ainsi obtenue peut donc consister par exemple en la plus petite des valeurs absolues des parties réelle et imaginaire de  $W(n)$ .

Le paramètre de fiabilité déterminé, en fonction des estimations obtenues et de la modulation utilisée, est ensuite indiquée au module 8 du récepteur 1, chargé de vérifier si le paramètre de fiabilité satisfait ou non un critère de confiance.

La vérification de ce critère peut par exemple consister en une comparaison du paramètre de fiabilité calculé à un seuil. La figure 2 montre un schéma illustrant une prise de décision pour un symbole d'information estimé. L'estimation du symbole est portée sur un plan en fonction de la phase et du niveau du signal correspondant reçu.

Selon la modulation QPSK, une portion de signal ayant un déphasage de  $\pi/4$  contient une information binaire "1" sur la voie I ( $S_I$ ) qui porte les bits de rang impair et une information binaire "-1" sur la voie Q ( $S_Q$ ) qui porte les bits de rang pair. Un tel symbole peut donc être représenté dans un diagramme de phase, selon la figure 2, dans un quart de plan supérieur droit. De la même façon, un symbole porté par une portion de signal déphasée de  $3\pi/4$  correspond à deux bits d'information  $S_I = -1$  et  $S_Q = -1$  et peut être représenté dans un quart de plan supérieur gauche d'un diagramme tel que celui de la figure 2.

Comme indiqué plus haut, l'estimation souple  $W(n)$  du symbole  $n$  peut faire donc l'objet d'un positionnement sur un diagramme de phase tel que celui de la figure 2. Un seuil  $s$  peut par exemple être choisi de manière à définir des demi-plans sur la constellation de la figure 2, correspondant à un niveau de confiance déterminé pour une prise de décision sur la valeur du symbole transmis. Un tel seuil peut être utilisé pour chaque quart de plan du diagramme de phase comme représenté sur la figure 2.

Ainsi, si l'estimation souple  $W(n)$  est positionnée sur le diagramme de phase dans un quart de plan défini par le seuil  $s$  dans la partie supérieure droite du diagramme de phase, on peut décider que le symbole  $n$  transmis pourra être assimilé de façon suffisamment fiable à un symbole portant les informations binaires  $S_I = 1$  et  $S_Q = -1$ . L'estimation du symbole A représentée sur la figure 2 est dans cette configuration. Le récepteur peut décider que le symbole A peut être assimilé au symbole contenant les bits  $S_I = 1$  et  $S_Q = -1$ , puisque celui-ci se situe au-delà du seuil  $s$ , en abscisse et en ordonnée.

Autrement dit, si la plus petite valeur entre la valeur absolue de la partie réelle de  $W(n)$  (axe des abscisses) et la valeur absolue de la partie imaginaire de  $W(n)$  (axe des ordonnées) est supérieure au seuil  $s$ , le symbole  $n$  pourra être assimilé aux valeurs binaires  $S_I = 1$  et  $S_Q = -1$ , avec le niveau de confiance choisi.

Le seuil  $s$  est proportionnel au niveau de bruit  $N_0$  estimé par le module de sondage 4. Le coefficient de proportionnalité peut avoir une valeur prédéfinie. Cette valeur peut en outre dépendre du service requis par la communication donnant lieu au signal reçu. Il peut ainsi avoir des valeurs différentes selon le taux d'erreur binaire autorisé pour un service donné (communication vocale, transfert de données, transfert de données haut débit...).

Dans le cas de l'estimation du symbole A (figure 2), le critère de confiance est satisfait si bien qu'une décision peut être prise sur l'information binaire correspondante dans un module de décision 10.

Dans un autre cas, l'estimation du symbole B, une fois portée sur le diagramme de la figure 2, se situe en deçà d'au moins un demi-plan défini par



le seuil  $s$ , en abscisse ou en ordonnée, c'est-à-dire que le paramètre de fiabilité qu'il lui est associé est inférieur au seuil  $s$ . Dans ce cas, le critère de confiance n'est pas rempli. Le récepteur 1 peut alors décider que l'estimation déjà effectuée n'est pas suffisamment fiable. Dans l'exemple illustré sur la figure 2  
5 par exemple, le symbole B pourrait contenir les bits  $S_I = 1$  et  $S_Q = -1$ , mais il pourrait aussi bien contenir par exemple les bits  $S_I = 1$  et  $S_Q = 1$ .

Cela signifie que les opérations effectuées en amont pour le premier doigt du "rake" sont insuffisantes pour satisfaire le critère de confiance choisi. Dans le cas exposé plus haut, seul un trajet de propagation identifié dans la  
10 réponse du canal avait fait l'objet d'un désétalement du signal radio  $y(t)$ . L'estimation de symbole s'était donc limitée à l'analyse du signal correspondant sur un seul trajet parmi l'ensemble des trajets principaux détectés sur le canal de propagation considéré.

Si la comparaison effectuée par le module 8 permet de conclure sur la  
15 valeur du symbole considéré (comme dans le cas du symbole A ci-dessus), c'est-à-dire sur l'information qu'il porte, avec le niveau de confiance fixé par la valeur du seuil  $s$ , le module 8 communique alors au module de décision 10 la valeur de l'estimation  $W(n)$  correspondant, pour une prise de décision définitive.

Si, au contraire, le critère de confiance n'est pas rempli par le  
20 paramètre de fiabilité estimé, l'évaluation ne permet pas de conclure définitivement sur la valeur du symbole considéré (cas du symbole B ci-dessus) et le module 8 en informe le module de contrôle 9. Ce dernier commande alors la mise en œuvre des mêmes opérations que précédemment,  
25 notamment de désétalement, pour au moins un autre trajet identifié lors du sondage de canal.

Dans l'exemple décrit, le module 9 commande le désétalement, par un second doigt, du signal correspondant au second trajet le plus énergétique du profil de propagation. De façon avantageuse, une mémoire, en amont des  
30 doigts du "rake", stocke provisoirement des échantillons du signal  $y(t)$  échantillonné, pour pouvoir y faire appel lors du désétalement d'une portion de ce signal pour chacun des doigts du "rake" mis à contribution successivement.



Dans ce cas, le module de contrôle 9 commande également cette mémoire pour qu'elle fournisse les échantillons pertinents au doigt 14 du "rake" activé. De même, une estimation de l'amplitude complexe  $A_i(n)$  du signal  $y(t)$  pour le second trajet  $i$  est effectuée.

5            La pondération MRC du résultat du nouveau désétalement par le conjugué de la nouvelle amplitude complexe  $A_i(n)$  calculée, permet d'obtenir une nouvelle estimation  $X_i(n)$  du symbole  $n$  sur le second trajet le plus énergétique.

10           Le module de cumul 7 intervient alors pour effectuer une sommation des valeurs  $X_i(n)$  reçues du module 6 à la suite de la contribution de chaque doigt du "rake" activé, soit  $X(n) = \sum_i X_i(n)$ . Selon une autre notation, si  $X_1(n)$  et  $X_2(n)$  sont les estimations du symbole  $n$  obtenues par l'utilisation respectivement du premier et du second doigt du "rake", sur un premier et un second trajet respectivement, le nouveau paramètre de fiabilité estimé peut  
15           donc s'écrire  $X(n) = X_1(n) + X_2(n)$ .

             Le module de cumul 7 renvoie ainsi au module 8 une valeur cumulée  $X(n)$  relative au symbole  $n$  selon chacun des doigts activés successivement par le module de contrôle 9. A cet effet, le module 7 aura des moyens de mémorisation pour garder en mémoire chaque estimation  $X_i(n)$ , à l'issue de  
20           chaque nouveau désétalement du signal  $y(t)$ , de manière à pouvoir effectuer le cumul de ces estimations après chaque activation d'un nouveau doigt du "rake".

             Une estimation souple  $W(n)$  peut alors être calculée pour le symbole  $n$ , à partir de l'estimation cumulée  $X(n)$  et en fonction de la modulation utilisée. Un  
25           paramètre de fiabilité tel que décrit plus haut sera déterminé sur la base de cette estimation souple afin d'être comparé à un seuil  $s$ .

             Pour illustrer cette opération, considérons qu'un symbole  $C$  (figure 2) soit porté par le signal reçu  $y(t)$ . Un premier désétalement du signal à partir du premier doigt du "rake" a permis d'effectuer une première estimation de du  
30           symbole  $C$ , qui a été reportée sur la figure 2 selon la notation  $C_1$ . Comme pour le symbole  $B$  de l'exemple précédent, la paramètre de fiabilité correspondant à  $C_1$  est inférieure au seuil  $s$  de sorte qu'une décision sur le contenu du symbole



C estimé ne peut être prise avec un niveau de confiance suffisant. Après avoir ajouté la contribution obtenue par le second doigt du "rake", on obtient par exemple une estimation  $W(n)$  correspondant au point  $C_2$  sur la figure 2, jugée suffisamment fiable par le module 8 pour que la décision 1, -1 puisse être prise sur la valeur du symbole.

Si l'estimation obtenue après l'opération de cumul est toujours insuffisante pour prendre une décision fiable, c'est-à-dire si le critère de confiance n'est pas rempli par le paramètre de fiabilité mis à jour, le module de contrôle 9 en est averti et il commande l'activation du doigt suivant. Ce mécanisme peut alors se poursuivre ainsi de suite, jusqu'à ce que tous les doigts aient été sollicités pour faire l'objet d'un désétalement de la portion de signal reçu portant le symbole à estimer pour un trajet respectif, ou bien jusqu'à ce que le paramètre de fiabilité, mis à jour après chaque nouvelle estimation, dépasse le seuil  $s$ , c'est-à-dire jusqu'à obtenir une estimation suffisante pour prendre une décision fiable.

Comme indiqué plus haut, le désétalement est une opération complexe puisqu'il implique une pondération de chaque élément binaire du signal échantillonné par un élément de code correspondant. Il en est de même de l'estimation de l'amplitude complexe  $A_i(n)$  couplée à cette opération de désétalement dans chaque doigt. La réduction potentielle du nombre de désétalements requis, limité à quelques doigts parmi l'ensemble des doigts disponibles dans le récepteur en râteau permet de diminuer fortement le nombre de calculs mis en œuvre par le récepteur. Il en résulte, outre la disponibilité des moyens de calcul pour d'autres fins (par exemple pour consacrer davantage de doigts à la démodulation de symboles reçus dans de moins bonnes conditions), une limitation de la consommation de la batterie du récepteur dans le cas où celui-ci est disposé dans un terminal mobile par exemple.

On se plaçait ci-dessus dans le cas d'un signal reçu depuis un émetteur. Dans un autre mode de réalisation de l'invention, le signal reçu est constitué de la contribution de plusieurs émetteurs. C'est le cas par exemple où le récepteur est embarqué dans un terminal mobile en situation de macrodiversité, c'est-à-dire en communication simultanée avec plusieurs stations de base. Dans ce cas, les doigts du râteau sont utilisés de la même

façon que précédemment, si ce n'est que les trajets sont indifféremment ceux de plusieurs canaux, issus de l'un des émetteurs émettant à destination du récepteur 1. Bien sûr, le désétalement d'un trajet devra alors prendre en considération le code d'étalement  $c^k(t)$  adéquat pour chaque canal  $k$  entrant en jeu.

Un exemple de procédure itérative d'estimation d'un symbole  $n$ , contrôlée par le module 9 en ajoutant progressivement des trajets jusqu'à atteindre un niveau de confiance défini par un seuil  $s$ , est illustré par la figure 3. Les retards  $\tau_i$ , les énergies de réception associées  $E_i$  ainsi que le niveau de bruit  $N_0$  ont été préalablement calculés de façon classique par le module de sondage 4. On suppose ici que les retards  $\tau_1, \tau_2, \dots$  sont rangés dans une liste triée dans l'ordre des énergies de réception décroissantes. La procédure traite des données d'entrée constituées par les échantillons du signal  $y(t)$  pendant la durée d'un symbole. Chaque itération dans la boucle correspond à un doigt du "rake".

L'index de boucle  $i$  et l'estimation complexe  $X(n)$  du symbole sont initialisés à zéro à l'étape 20. Quand il est déterminé qu'il faut prendre en compte un nouveau trajet, l'index de trajet  $i$  est incrémenté à l'étape 21 et le  $i$ -ième retard de la liste est alloué à l'étape 22. A cette étape 22, il peut être précisé quel code d'étalement  $c^k(t)$  est à utiliser pour désétaler (en situation de macrodiversité, les trajets peuvent ne pas être tous en provenance du même émetteur ce qui peut requérir des désétalements selon plusieurs codes). On estime alors l'amplitude de réception  $A_i(n)$  à l'étape 23 à l'aide du retard  $\tau_i$  (opération du module 12). Cette estimation est par exemple faite à partir de signaux pilote transmis en parallèle sur un autre code de canal et désétalés avec ce code retardé de  $\tau_i$ . Le désétalement du signal reçu sur le canal  $c^k$  est effectué selon (2) à l'étape 24 (opération du module 5), la pondération MRC selon (3) à l'étape 25 (opération du module 6) et l'accumulation à l'étape 26 (opération du module 7). A l'étape 27, le paramètre de fiabilité  $W$  est évalué comme étant la valeur absolue de la partie réelle de  $X(n)$  dans le cas d'une modulation BPSK ou la plus petite des valeurs absolues de la partie réelle et de la partie imaginaire de  $X(n)$  dans le cas d'une modulation QPSK.



- Si l'estimation du symbole n'est pas jugée suffisamment fiable à l'étape 28 ( $W \leq s.N_0$ ), on examine à l'étape 29 si le nombre maximum de trajets  $M$  a été atteint. S'il reste des trajets ( $i < M$ ), la procédure revient à l'étape pour la prise en compte du prochain trajet. Quand on obtient une estimation
- 5 suffisamment fiable ( $W > s.N_0$  à l'étape 28) ou quand on a atteint le nombre maximum de trajets ( $i \geq M$  à l'étape 29), l'estimation souple du symbole  $n$  est délivrée à l'étape 30 comme étant la partie réelle de  $X(n)$  dans le cas d'une modulation BPSK ou directement l'estimation complexe  $X(n)$  dans le cas d'une modulation QPSK.
- 10 Une procédure comme celle illustrée par la figure 3 peut être mise en œuvre en programmant un processeur de traitement de signaux numériques prévu dans le récepteur radio.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de signal pour un récepteur (1) de radiocommunication numérique à étalement de spectre, comprenant les étapes suivantes:
  - 5 - calcul d'une estimation d'au moins un symbole transmis par des moyens d'émission en appliquant à un signal radio reçu ( $y(t)$ ) un traitement prenant en compte au moins un trajet de propagation depuis les moyens d'émission;
  - évaluation d'un paramètre de fiabilité de l'estimation calculée; et
  - 10 - lorsque le paramètre de fiabilité évalué ne satisfait pas un critère de confiance, calcul d'une estimation affinée du symbole en prenant en compte au moins un trajet de propagation supplémentaire depuis les moyens d'émission dans le traitement appliqué au signal radio reçu.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les étapes  
15 d'évaluation du paramètre de fiabilité et de calcul d'une estimation affinée sont répétées tant que le paramètre de fiabilité évalué ne satisfait pas le critère de confiance et qu'au moins un trajet parmi un nombre maximal de trajets de propagation depuis les moyens d'émission n'a pas encore été pris en compte dans une nouvelle estimation du symbole.
- 20 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on effectue, préalablement audit traitement appliqué au signal radio reçu ( $y(t)$ ), un sondage (4) identifiant, sur la base d'une analyse d'une réponse impulsionnelle d'un canal de propagation entre les moyens d'émission et le récepteur (1), des retards et des énergies de réception respectifs pour  
25 lesdits trajets de propagation.
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel les trajets de propagation sont classés selon un ordre décroissant de leurs énergies de réception respectives et dans lequel le trajet de propagation supplémentaire pris en compte dans le calcul de l'estimation affinée du symbole est le trajet de



propagation qui, selon ledit classement, suit immédiatement les trajets de propagation pris en compte dans le calcul de l'estimation précédente.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le signal radio est un signal à modulation binaire, et le paramètre de fiabilité de l'estimation calculée d'un symbole est proportionnel à la valeur absolue de ladite estimation.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le signal radio est un signal à modulation quaternaire, et le paramètre de fiabilité de l'estimation calculée d'un symbole est proportionnel à la plus petite des valeurs absolues des parties réelle et imaginaire de ladite estimation.

7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, dans lequel le critère de confiance consiste en ce que le paramètre de fiabilité de l'estimation calculée dépasse un seuil.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel ledit seuil dépend d'un niveau de service attribué à une communication dont relève le signal radio reçu.

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, dans lequel ledit seuil dépend d'un niveau de bruit ( $N_0$ ) estimé sur un canal de propagation entre les moyens d'émission et le récepteur (1).

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel l'estimation affinée du symbole est calculée en ajoutant à l'estimation précédemment calculée pour ce symbole une contribution estimée dudit trajet de propagation supplémentaire.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel les trajets de propagation pris en compte dans les calculs d'estimations incluent des trajets en provenance de plusieurs émetteurs appartenant auxdits moyens d'émission, qui émettent des composantes de signal radio porteuses de symboles d'information identiques, multiplexées avec des codes d'étalement différents.

12. Récepteur de radiocommunication numérique à étalement de spectre, comprenant des moyens de traitement de signal adaptés à la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

5 13. Programme d'ordinateur à installer dans un récepteur de radiocommunication, le programme comprenant des instructions pour mettre en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 lors d'une exécution du programme par des moyens de traitement de signal du récepteur.

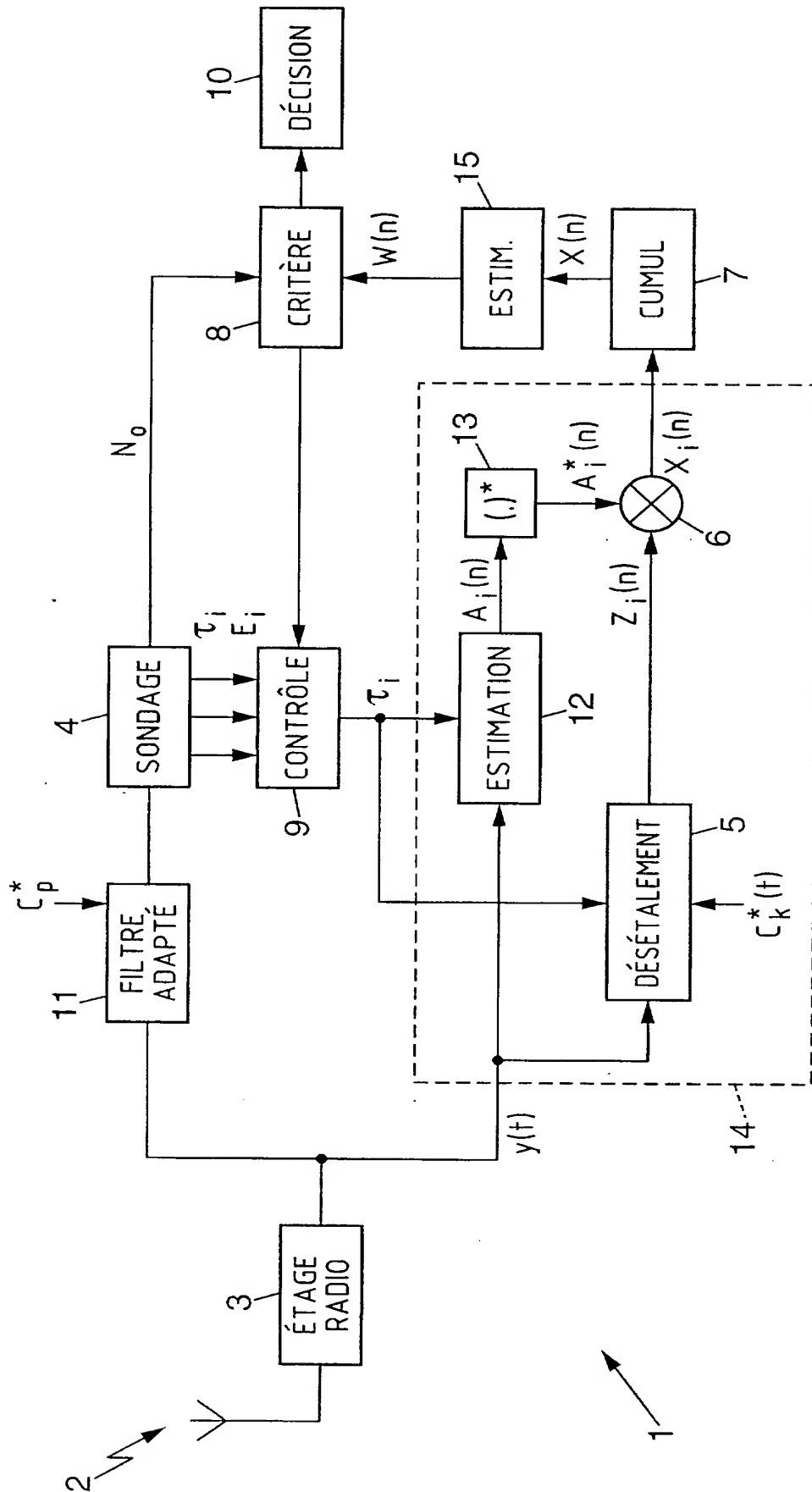


FIG. 1



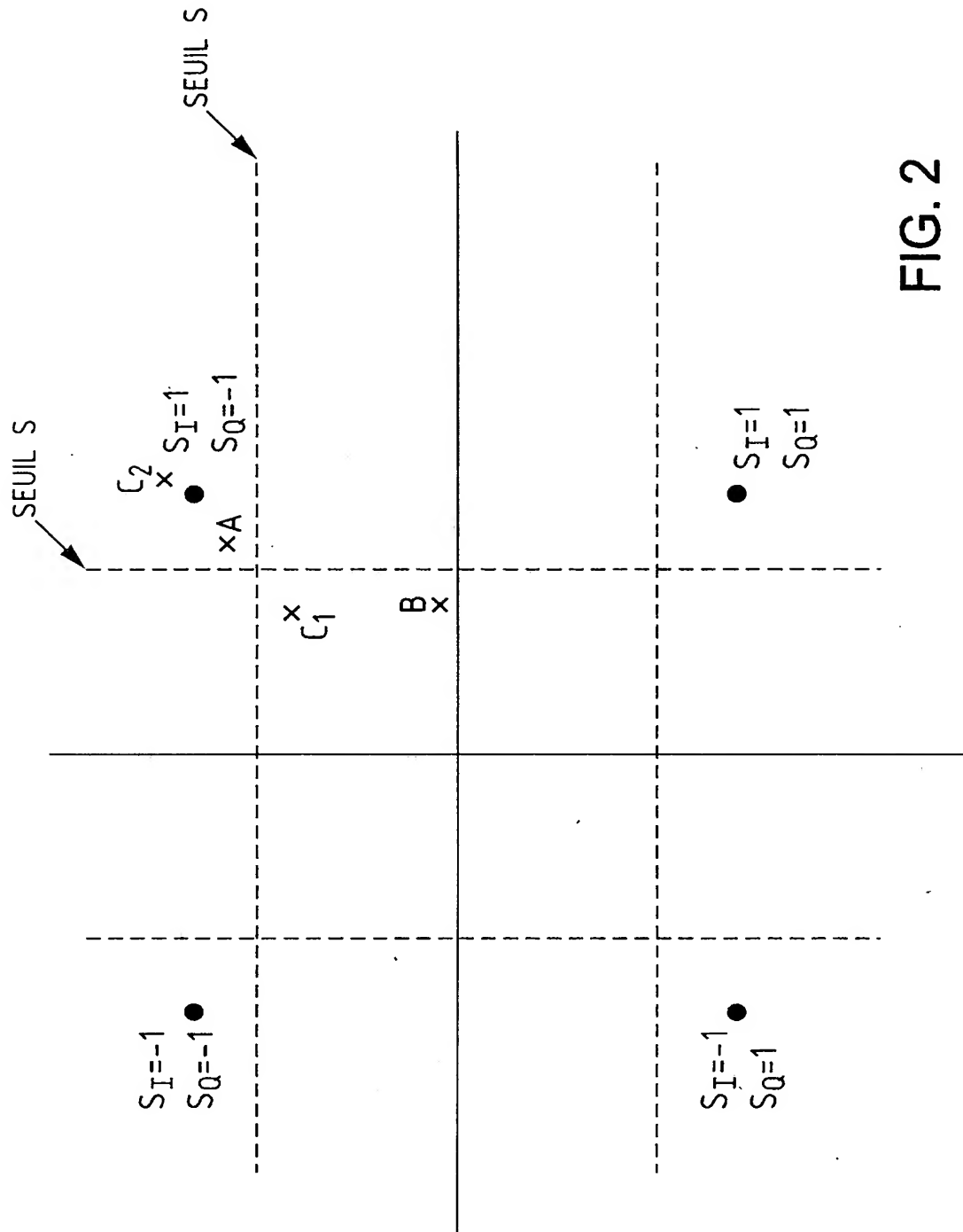


FIG. 2

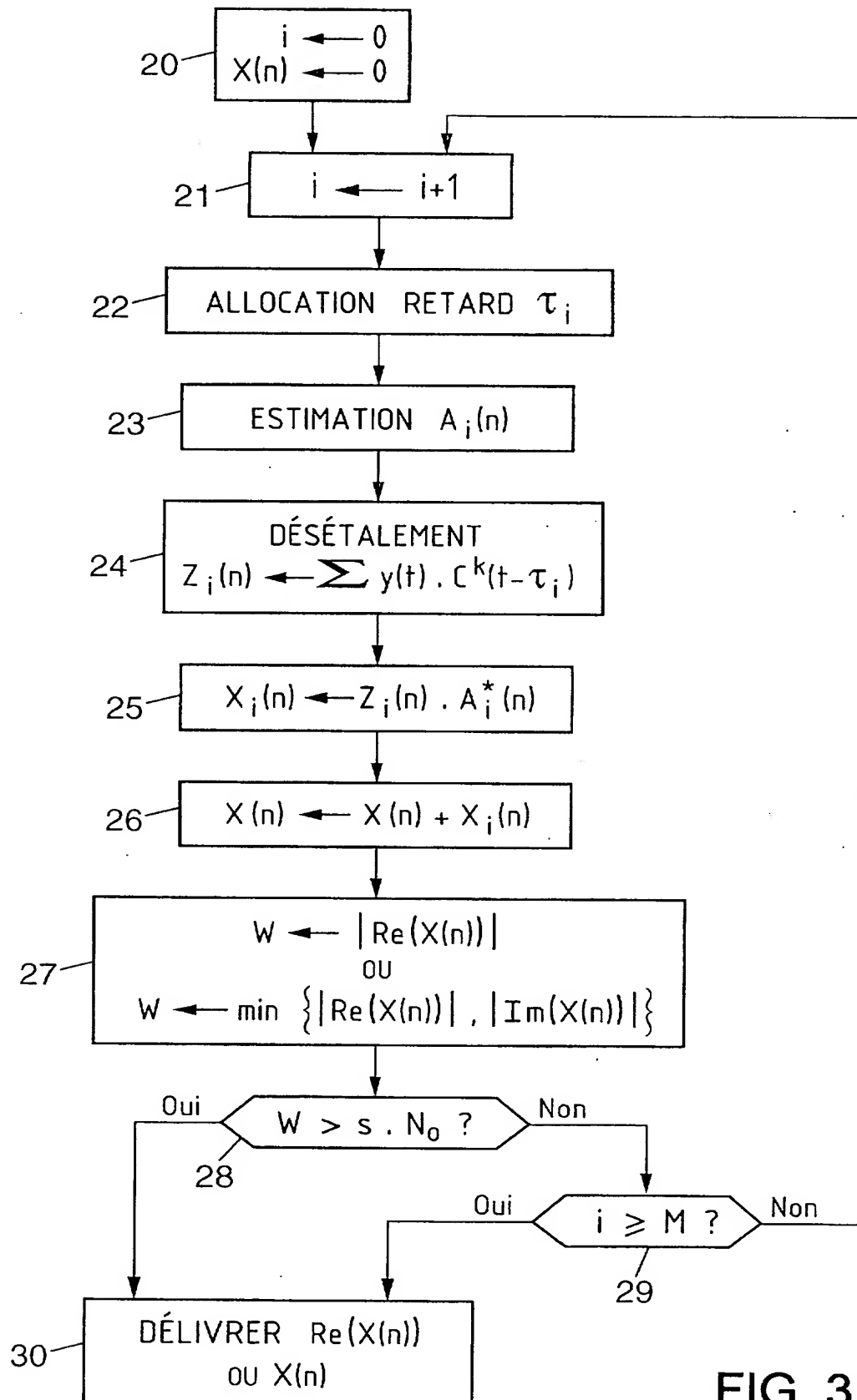


FIG. 3

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**THIS PAGE DELETED (USPTO)**